

D ad reckoning navigation system has autonomous speed and course determination, two optimal filters for providing corrections for error models from speed vectors and course angles

Patent Number: DE19919249
Publication date: 2000-11-02
Inventor(s): MANGOLD ULRICH (DE)
Applicant(s): BODENSEEWERK GERAETETECH (DE)
Requested Patent: ☐ DE19919249
Application Number: DE19991019249 19990428
Priority Number(s): DE19991019249 19990428
IPC Classification: G01C21/16; G01C25/00
EC Classification: G01C21/28
Equivalents:

Abstract

The system has a first optimal filter for calibrating an autonomous speed sensor arrangement, which receives only a speed vector determined autonomously in a reference coordinate system and an independently determined speed vector. A second optimal filter for course angle support and calibration of the autonomous course angle receives only a corrected course angle and a course angle derived by the independently determined speed vector. The optimal filters provide corrections for error models.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



71 Anmelder:
Bodenseewerk Gerätetechnik GmbH, 88662
Überlingen, DE

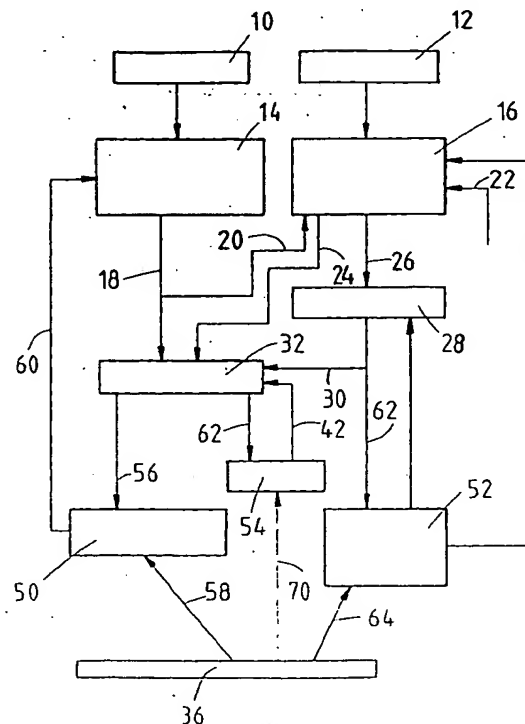
74 Vertreter:
Weisse und Kollegen, 42555 Velbert

72 Erfinder:
Mangold, Ulrich, 79117 Freiburg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Koppelnavigationssystem

57 Ein Koppelnavigationssystem enthält einen bordautonomen Geschwindigkeits-Sensor (10), einen bordautonomen Kurs-Sensor (12) und einen Koppelrechner (32) zur Positions- und Geschwindigkeitsbestimmung in einem Referenzkoordinatensystem aus den Meßwerten der Geschwindigkeits- und Kurs-Sensormittel (10; 12). Geschwindigkeits- und Kurs Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel (14 bzw. 16) dienen zur Skalierung und Fehlerkorrektur der auf den Koppelrechner (32) aufzuschaltenden Meßwerte des bordautonomen Geschwindigkeits-Sensors (10) bzw. eines bordautonomen Kurs-Sensors (12) anhand von Fehlermodellen mit Parametern. Ein unabhängiger Geschwindigkeits-Sensor (36), z. B. ein GPS-Empfänger, liefert unabhängig von den bordautonomen Geschwindigkeits-Sensoren (10, 12) einen Geschwindigkeitsvektor des Fahrzeugs. Optimalfiltermittel weisen ein erstes Optimalfilter (50) zur Kalibrierung des bordautonomen Geschwindigkeits-Sensors (10) und ein davon unabhängiges zweites Optimalfilter (52) zur Kurzwinkelstützung und Kalibrierung des bordautonomen Kurs-Sensors (12) auf. Die Optimalfilter bringen Korrekturen an den Parametern der Fehlermodelle der Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel (14, 16) an. Durch die dezentralisierte Architektur der Optimalfilter wird das Koppelnavigationssystem robuster. Es werden Rechenaufwand und Speicherbedarf reduziert.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Koppelnavigationssystem nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Bei der Koppelnavigation wird die Position eines Fahrzeugs relativ zu einem Ausgangspunkt aus Kurs und Geschwindigkeit bestimmt. Der momentane Kurswinkel gestattet es, die momentane Geschwindigkeit in Komponenten zu zerlegen. Die zeitliche Integration der Komponenten liefert die Position in zwei Koordinaten. Kurs und Geschwindigkeit werden dabei durch bordautonome Sensoren bestimmt. Das sind Geschwindigkeitsmesser verschiedener Art und z. B. Kurskreisel oder inertielle Kursreferenzsysteme. Die Geschwindigkeits- und Kurssensoren sind mit systematischen Fehlern wie Skalenfaktorfehlern, Nullpunktfehlern und Drift behaftet. Das führt zu einem sich aufintegrierenden Fehler der aus der Koppelnavigation gewonnenen Position.

Es sind Satelliten-Navigationssysteme (GPS) bekannt, die mit hoher Genauigkeit Position und Geschwindigkeit eines Fahrzeugs in einem Referenzkoordinatensystem (Länge und Breite) liefern. Die Signale des Satelliten-Navigationssystems können jedoch nicht immer empfangen werden oder können gestört werden.

Es ist daher bekannt, ein mit bordautonomen Sensoren arbeitendes Koppelnavigationssystem durch ein Satelliten-Navigationssystem (oder ein anderes Navigationssystem, wie Funkpeilung, das eine Bestimmung der Position des Fahrzeugs "von außen" gestattet) zu stützen.

Bei einem bekannten Koppelnavigationssystem sind bordautonome Geschwindigkeits-Sensormittel; z. B. ein Log oder ein Tachometer, und bordautonome Kurs-Sensormittel, z. B. ein Kurskreisel, vorgesehen. Geschwindigkeits-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel dienen zur Skalierung und Fehlerkorrektur der Meßwerte der bordautonomen Geschwindigkeits-Sensormittel anhand eines Geschwindigkeits-Fehlermodells mit ersten Parametern. Kurs-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel dienen zur Skalierung und Fehlerkorrektur der bordautonomen Kurs-Sensormittel anhand eines Kurs-Fehlermodells mit zweiten Parametern. Aus den skalierten und fehlerkorrigierten Meßwerten der Geschwindigkeits- und Kurs-Sensormittel erfolgt eine Positions- und Geschwindigkeitsbestimmung in einem Referenzkoordinatensystem. Weiterhin sind unabhängige Geschwindigkeits-Sensormittel, etwa in Form eines Empfängers für die Satelliten-Navigation, vorgesehen, die unabhängig von den bordautonomen Geschwindigkeits-Sensormitteln einen Geschwindigkeitsvektor des Fahrzeugs liefern. Eine Stützung der Geschwindigkeits- und Positionsbestimmung erfolgt durch Optimalfiltermittel, auf welche die so bestimmte Geschwindigkeit und der skalierte und fehlerkorrigierte Kurswinkel aufgeschaltet sind und auf welche weiterhin der Geschwindigkeitsvektor von den unabhängigen Geschwindigkeits-Sensormitteln aufgeschaltet ist. Durch die Optimalfiltermittel sind Korrekturen an den ersten und zweiten Parametern der Geschwindigkeits-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel bzw. der Kurs-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel anbringbar.

Nach dem Stand der Technik enthalten die Optimalfiltermittel ein vollständiges lineares Fehlermodell, das sowohl die bordautonomen Geschwindigkeits-Sensormittel als auch die bordautonomen Kurs-Sensormittel und ihre Verknüpfungen wiedergibt. Auf dieses einheitliche Optimalfilter werden sowohl die Geschwindigkeit, der Kurs und die Position aufgeschaltet, wie sie sich skaliert und fehlerkorrigiert aus der Koppelnavigation ergeben, als auch der Geschwindigkeitsvektor, der unabhängig von den bordautonomen Sensormitteln "von außen" von den unabhängigen Ge-

schwindigkeits-Sensormitteln, z. B. einem GPS-Empfänger, geliefert werden. Danach erfolgt die Skalierung und Korrektur der "ersten" und "zweiten" Parameter.

Dieses bekannte einzige, "zentralisierte" Optimalfilter weist einige schwerwiegende Nachteile auf: Wegen des linearen Fehlermodells müssen die Differenzen zwischen den Ergebnissen der bordautonomen Koppelnavigation und denen der unabhängigen Positions- und Geschwindigkeitssensormittel innerhalb des linearen Parameterraumes liegen. Das bekannte Optimalfilter erfordert einen hohen Rechenaufwand und Speicherplatzbedarf. Das "zentralisierte" Optimalfilter erfordert weiter einen hohen Aufwand für die Entwicklung, Analyse und Prüfung.

Die DE 29 22 415 C2 beschreibt ein Navigationsgerät für Landfahrzeuge, das mit einem Trägheitsnavigationssystem, einem – auch bordautonomen – nicht-inertialen Geschwindigkeitssensor und einem Kalmanfilter aufgebaut ist. Das Trägheitsnavigationssystem enthält drehempfindliche Trägheitssensoren und Beschleunigungsmesser. Das Kalmanfilter als "Optimalfilter" enthält ein Fehlermodell mit allen Verknüpfungen der Lagewinkel und Beschleunigungen. Als "Residuum" erhält das Kalmanfilter Differenzen der von dem Trägheitsnavigationssystem gelieferten inertialen Geschwindigkeiten und der von dem nicht-inertialen Geschwindigkeitssensor erhaltenen Geschwindigkeits-Meßwerte. Das Kalmanfilter liefert Schätzwerte für die Geschwindigkeits- und Winkelfehler des Trägheitsnavigationssystems. Um diese Fehler werden die inertial erhaltenen Werte korrigiert.

Hier werden zwei bordautonome Meßwerte, nämlich die inertielle Geschwindigkeit und die von einem am Fahrzeug vorgesehenen Geschwindigkeitsmesser erhaltene Geschwindigkeit, miteinander verglichen. Ein einziges Optimalfilter verknüpft Geschwindigkeiten und Lagewinkel.

Die US 37 02 447 A beschreibt ein Navigationsgerät, bei welchem Geschwindigkeitsmeßwerte einmal von einem Trägheitsnavigationssystem und zum anderen von einem nicht-inertialen Geschwindigkeitsmesser geliefert werden. Die Differenzen der auf die verschiedenen Weisen gewonnenen Geschwindigkeitsmeßwerte sind auf ein Kalmanfilter geschaltet. Das Trägheitsnavigationssystem liefert weiter eine prädiizierte Dopplerverschiebung für die Signale eines Satelliten-Navigationssystems.

Diese prädiizierte Dopplerverschiebung wird mit der Dopplerverschiebung der von einem Satelliten-Navigationssystem tatsächlich empfangenen Signale verglichen. Auch diese Differenz wird auf das einzige, zentrale Kalmanfilter geschaltet.

Ein Aufsatz von Satz, Cox jr., Beard und Landis "GPS Inertial Attitude Estimation via Carrier Accumulated-Phase Measurements" in "Navigation: Journal of the Institute of Navigation", Bd. 38 (1991), 273–284 beschreibt die Stützung eines inertialen Kurs-Lage-Referenzgerätes durch Navigationssatelliten mittels eines Kalmanfilters. Eine ähnliche Anordnung beschreibt die DE 196 51 543 C1.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Rechenaufwand und den Speicherbedarf der Optimalfiltermittel gegenüber der Lösung nach dem Stand der Technik zu vermindern.

Der Erfindung liegt weiter die Aufgabe zugrunde, die möglichen Wertebereiche für die zu schätzenden Parameter der Fehlermodelle der bordautonomen Sensoren zu erweitern.

Der Erfindung liegt schließlich die Aufgabe zugrunde, ein gestütztes Koppelnavigationssystem im Vergleich zum Stand der Technik robuster gegen Systemstörungen und Parameteränderungen zu machen.

Erfindungsgemäß wird dies durch die im Kennzeichen

des Patentanspruchs 1 aufgeführten Merkmale gelöst.

Durch die Aufteilung der "zentralen" Optimalfiltermittel in mehrere einzelne Optimalfilter, auf die bordautonome und unabhängig bestimmte Meßwerte jeweils einer Meßgröße (Geschwindigkeit oder Kurs) aufgeschaltet sind und von denen eines nur die Parameter des Fehlermodells für die bordautonome Geschwindigkeitsmessung und das andere nur die Parameter des Fehlermodells für die bordautonome Kursmessung bestimmt, können der Rechenaufwand und der Speicherplatzbedarf erheblich verringert werden. Das Koppelnavigationssystem wird robuster. Bei dieser Anordnung werden zwar die Verknüpfungen der Meßgrößen bei der Architektur der Optimalfiltermittel außer acht gelassen. Es hat sich aber gezeigt, daß die dadurch gegenüber der "zentralisierten Architektur" verursachten Fehler vernachlässigbar sind.

Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Erfindung ist nachstehend an einem Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm und zeigt ein Koppelnavigationssystem nach dem Stand der Technik mit einem einzigen, "zentralen" Optimalfilter.

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm ähnlich Fig. 1 und zeigt ein Koppelnavigationssystem mit mehreren "dezentralisierten" Optimalfiltern.

Fig. 3 ist ein Blockdiagramm und zeigt das kalibrierte Koppelnavigationssystem.

In Fig. 1 sind mit 10 bordautonome Geschwindigkeits-Sensormittel bezeichnet. Dabei kann es sich um Radsensoren oder Odometer handeln, die bei einem Landfahrzeug ein zur momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit proportionales Signal liefern. Es kann sich um zwei Beschleunigungsmesser handeln, die mit ihren Meßachsen in Richtung der Fahrzeuglängsachse bzw. der Fahrzeugquerachse fahrzeugfest montiert sind, wobei die Beschleunigungssignale zeitlich integriert werden. Es kann sich um ein-, zwei- oder dreiaxige Geschwindigkeitssensoren handeln, die nach dem Dopplerprinzip arbeiten. Schließlich kann es sich auch um ein-, zwei- oder dreiaxige Geschwindigkeitssensoren handeln, welche die Fahrzeuggeschwindigkeit relativ zu der Luftströmung ("True Airspeed Sensor") oder relativ zur Wasserströmung (Log) messen.

Mit 12 sind Kurs-Sensormittel bezeichnet. Das kann bei einer Anordnung mit zwei Beschleunigungsmessern ein fahrzeugfest montierter Kreisel sein, dessen Eingangsachse nicht in der von den Meßachsen der Beschleunigungsmesser aufgespannten Ebene liegt. Es kann sich auch um eine Anordnung mit drei zueinander orthogonalen Kreiseln handeln, die entweder fahrzeugfest (Sträpdown-System) oder auf einer raumfest stabilisierten Plattform (Plattform-System) montiert sind. Es kann sich um einen pendelnd aufgehängten Kurskreisel handeln, dessen Meßachse mit der lokalen Lotachse zusammenfällt und der Vorrichtungen zur Bestimmung der Lagewinkel aufweist. Es kann auch ein fahrzeugfest montierter Kreisel vorgesehen sein, dessen Eingangsachse mit der Hochachse des Fahrzeugs zusammenfällt, wenn z. B. bei einem Wasserfahrzeug die im Mittel während der Mission auftretenden Lagewinkel bekannt sind. In den meisten Fällen liefern die inertialen Kurs-Sensormittel 14 Winkelgeschwindigkeiten, also Kursänderungen.

Die von den Geschwindigkeits-Sensormitteln 10 und den Kurs-Sensormitteln 12 erhaltenen Meßwerte sind mit systematischen Fehlern wie Nullpunktfehlern, Skalenfaktorfehlern oder Drift behaftet. Diese Fehler können durch ein Fehlermodell mit Parametern dargestellt werden. Ein Fehlermodell der Geschwindigkeits-Sensormittel 10 enthält "erste"

Parameter. Ein Fehlermodell der Kurs-Sensormittel 12 enthält "zweite" Parameter. Wenn für die Fehler bzw. die Parameter des Fehlermodells in noch zu beschreibender Weise eine optimale Schätzung vorliegt, kann eine entsprechende Skalierung und Fehlerkorrektur an den Meßwerten der Geschwindigkeits- und Kurs-Sensormittel 10 bzw. 12 vorgenommen werden. Das ist in Fig. 1 für die Geschwindigkeits-Sensormittel 10 durch Geschwindigkeits-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel 14 und für die Kurs-Sensormittel 12 durch Kurs-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel 16 dargestellt.

Die Geschwindigkeits-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel 14 liefern einen anhand des Fehlermodells mit den ersten Parametern skalierten und fehlerkorrigierten Geschwindigkeitsvektor in einem Fahrzeugfesten Koordinatensystem, wie durch einen "Ausgang" 18 dargestellt ist. Die Kurs-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel liefern einen anhand des Fehlermodells mit den zweiten Parametern skalierten und fehlerkorrigierten Meßwert für den Kurswinkel bzw. die Kurswinkeländerung. Auf die Kurs-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel 16 ist vom Ausgang 18 der Geschwindigkeits-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel 14 noch der Geschwindigkeitsvektor aufgeschaltet, wie durch die Verbindung 20 dargestellt ist. Weiterhin erhalten die Kurs-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel noch die Position und den Kurswinkel, die in noch zu beschreibender Weise erhalten werden. Das ist durch einen Pfeil 22 dargestellt.

Die Kurs-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel liefern Lagewinkel an einem "Ausgang" 24 sowie die Kurswinkeländerung an einem "Ausgang" 26. Die Kurswinkeländerung wird durch einen Integrator 28 integriert und liefert den Kurswinkel am "Ausgang" 30 des Integrators 28. Der Geschwindigkeitsvektor vom Ausgang 18, die Lagewinkel vom Ausgang 24 und der Kurswinkel vom Ausgang 30 bilden die Eingangsgrößen der Koppelrechnung, die durch einen Block 32 dargestellt sind. Die Koppelrechnung gemäß Block 32 liefert an einem "Ausgang" 34 die Position, den Geschwindigkeitsvektor in einem erdfesten Referenzkoordinatensystem sowie Kurs- und Lagewinkel.

Das ist der übliche Aufbau eines Koppelnavigationssystems. Das Koppelnavigationssystem kann durch Positions- und Geschwindigkeitssensormittel 36 gestützt werden. Die von den bordautonomen Geschwindigkeits-Sensormitteln unabhängig sind und die Position und Geschwindigkeit des Fahrzeugs "von außen" bestimmen. Diese Positions- und Geschwindigkeitssensormittel 36 können beispielsweise vom Empfänger eines Satelliten-Navigationssystems wie GPS gebildet sein. Die Position und Geschwindigkeit kann aber auch z. B. durch Funkpeilung bestimmt werden. Die Positions- und Geschwindigkeitssensormittel 36 liefern an einem "Ausgang" 40 die Position des Fahrzeugs und den Geschwindigkeitsvektor in einem erdfesten Referenzkoordinatensystem.

Bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführung nach dem Stand der Technik ist ein einziges, zentrales Optimalfilter 42, beispielsweise ein Kalmanfilter, zur Systemstützung und Kalibrierung vorgesehen. Das zentrale Optimalfilter 42 stellt ein vollständiges Modell des Kursreferenzsystems mit allen Verknüpfungen der verschiedenen Meßgrößen dar. Das Optimalfilter 42 erhält von der Koppelrechnung gemäß Block 32 die Position, den Geschwindigkeitsvektor im Referenzkoordinatensystem sowie die Kurs- und Lagewinkel des Fahrzeugs, so wie diese von der Koppelrechnung 32 berechnet werden. Das Optimalfilter 42 erhält weiter die "von außen" bestimmte Position und den Geschwindigkeitsvektor von den unabhängigen Positions- und Geschwindigkeitssensormitteln. Die Parameter des Modells in dem Optimalfilter

42 werden variiert, bis das Modell optimal mit der Realität übereinstimmt. Als Kriterium hierfür dienen die Abweichungen der durch die Koppelrechnung gewonnenen Geschwindigkeit von der durch die unabhängigen Positions- und Geschwindigkeitssensormittel 36 gewonnenen Geschwindigkeit und der durch die Koppelrechnung gewonnenen Position von der durch die unabhängigen Positions- und Geschwindigkeitssensormittel 36 gewonnenen Position. Das ist ähnlich wie bei der oben schon erwähnten US 3 702 477 A. Das Optimalfilter 42 liefert auch Korrekturen für die ersten und zweiten Parameter der Fehlermodelle der Geschwindigkeits- bzw. Kurs-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel 14 bzw. 16. Diese Korrekturen sind in Fig. 1 durch Verbindungen 44 bzw. 46 dargestellt.

Das zentrale Optimalfilter 42 liefert auch eine Positionskorrektur für die Koppelrechnung 32, was in Fig. 1 durch eine Verbindung 48 dargestellt ist.

Das die Erfindung verwirklichende, gestützte Koppelnavigationssystem von Fig. 2 mit "dezentralisierter Architektur" ist in vielen Punkten ähnlich aufgebaut wie das bekannte Koppelnavigationssystem von Fig. 1. Entsprechende Teile sind in beiden Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen und wirken in gleicher Weise.

Bei der erfindungsgemäßen Ausführung nach Fig. 2 sind statt des einen "zentralen" Optimalfilters 42 von Fig. 1 drei Optimalfilter 50, 52 und 54 vorgesehen.

Das Optimalfilter 50 enthält nur ein Modell der bordautonomen Geschwindigkeits-Sensormittel 10 ohne Berücksichtigung der Verknüpfung der gemessenen Geschwindigkeit mit den anderen Meßgrößen Lagewinkel, Kurswinkel und Position. Auch hier werden Parameter des Modells variiert, bis der von der Koppelrechnung gelieferte Geschwindigkeitsvektor mit dem von den unabhängigen Positions- und Geschwindigkeitssensormitteln 36 gelieferten Geschwindigkeitsvektor übereinstimmen. Zu diesem Zweck ist der durch die Koppelrechnung in dem Referenzkoordinatensystem erhaltene Geschwindigkeitsvektor über eine Verbindung 56 auf das Optimalfilter 50 und nur auf dieses Optimalfilter 50 aufgeschaltet. Von den unabhängigen Positions- und Geschwindigkeitssensormitteln erhält das Optimalfilter 50 – und wieder nur dieses Optimalfilter 50 – den "unabhängig" gemessenen Geschwindigkeitsvektor über eine Verbindung 58. Das Optimalfilter 50 liefert Korrekturen nur für die "ersten" Parameter des Fehlermodells der Geschwindigkeits-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel 14, nicht für die zweiten Parameter der Kurs-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel 16, über eine Verbindung 60.

In ähnlicher Weise enthält das Optimalfilter 52 nur ein Modell der bordautonomen Kurs-Sensormittel 12 ohne Berücksichtigung der Verknüpfung des gemessenen Kurswinkels mit den anderen Meßgrößen Geschwindigkeit und Position. Auch hier werden Parameter des Modells variiert, bis der von der Koppelrechnung gelieferte Kurswinkel mit dem von den unabhängigen Positions- und Geschwindigkeitssensormitteln 36 gelieferten Kurswinkel übereinstimmen. Zu diesem Zweck ist der von dem Integrator 28 erhaltene Kurswinkel über eine Verbindung 62 auf das Optimalfilter 52 und nur auf dieses Optimalfilter 52 aufgeschaltet. Von den unabhängigen Positions- und Geschwindigkeitssensormitteln 36 erhält das Optimalfilter 52 – und wieder nur dieses Optimalfilter 52 – den "unabhängig" gemessenen Kurswinkel über eine Verbindung 64. Das Optimalfilter 52 liefert Korrekturen nur für die "zweiten" Parameter des Fehlermodells der Kurs-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel 16, nicht für die ersten Parameter der Geschwindigkeits-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel 14 über eine Verbindung.

Das dritte Optimalfilter 54 dient nur zur Positionsstützung. Das Optimalfilter 54 erhält von der Koppelrechnung

32 die durch diese ermittelte Position in dem Referenzkoordinatensystem. Das ist durch die Verbindung 68 dargestellt. Weiterhin erhält das Optimalfilter 54 die Position, die von den unabhängigen Positions- und Geschwindigkeitssensormitteln geliefert wird, über eine Verbindung 70. Das Optimalfilter 54 liefert eine Positionskorrektur für die Koppelrechnung 32, wie durch eine Verbindung 72 dargestellt ist.

Fig. 3 zeigt das Koppelnavigationssystem nach Skalierung und Fehlerkorrektur. Die Parameter der Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel sind dann so eingestellt, daß sie den genauen Geschwindigkeitsvektor im fahrzeugfesten Koordinatensystem bzw. die genaue Kurswinkeländerung liefern. Die so eingestellten Geschwindigkeits-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel und die so eingestellten Kurs-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel sind in Fig. 3 mit 14A bzw. 16A bezeichnet. Der Integrator 28 liefert den genauen Kurswinkel. Aus diesen genauen Meßwerten ergibt sich durch die Koppelrechnung 32 die genaue Position und die genaue Geschwindigkeit im erdfesten Referenzkoordinatensystem.

Patentansprüche

1. Koppelnavigationssystem, enthaltend

- (a) bordautonome Geschwindigkeits-Sensormittel (10)
- (b) bordautonome Kurs-Sensormittel (12)
- (c) Geschwindigkeits-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel (14) zur Skalierung und Fehlerkorrektur der Meßwerte der bordautonomen Geschwindigkeits-Sensormittel (10) anhand eines Geschwindigkeits-Fehlermodells mit ersten Parametern,
- (d) Kurs-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel (16) zur Skalierung und Fehlerkorrektur der bordautonomen Kurs-Sensormittel (12) anhand eines Kurs-Fehlermodells mit zweiten Parametern,
- (e) Mittel (32) zur Positions- und Geschwindigkeitsbestimmung in einem Referenzkoordinatensystem aus den skalierten und fehlerkorrigierten Meßwerten der Geschwindigkeits- und Kurs-Sensormittel (10; 12),
- (f) unabhängige Geschwindigkeits-Sensormittel (36), die unabhängig von den bordautonomen Geschwindigkeits-Sensormitteln (10; 12) einen Geschwindigkeitsvektor des Fahrzeugs liefert, und
- (g) Optimalfiltermittel
 - auf welche die so bestimmte Geschwindigkeit und der skalierte und fehlerkorrigierte Kurswinkel aufgeschaltet sind,
 - auf welche weiterhin der Geschwindigkeitsvektor von den unabhängigen Geschwindigkeits-Sensormitteln aufgeschaltet ist und
 - durch welche Korrekturen an den ersten und zweiten Parametern der Geschwindigkeits-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel (14) bzw. der Kurs-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel (16) anbringbar sind;

dadurch gekennzeichnet, daß

- (h) die Optimalfiltermittel ein erstes Optimalfilter (50) zur Kalibrierung der bordautonomen Geschwindigkeits-Sensormittel (10) aufweisen, auf welches nur der bordautonom bestimmte Geschwindigkeitsvektor in dem Referenzkoordinatensystem von den Mitteln (32) zur Positions- und Geschwindigkeitsbestimmung und

- der unabhängig bestimmte Geschwindigkeitsvektor von den unabhängigen Geschwindigkeits-Sensormitteln (36) aufgeschaltet sind, und durch welches Korrekturen an den ersten Parametern des Geschwindigkeits-Fehlermodells auf die Geschwindigkeits-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel (14) aufschaltbar sind, und (i) die Optimalfiltermittel ein zweites Optimalfilter (52) zur Kurswinkelstützung und Kalibrierung der bordautonomen Kurs-Sensormittel (12) aufweisen, auf welches nur der skalierte und fehlerkorrigierte Kurswinkel und ein aus dem unabhängig bestimmten Geschwindigkeitsvektor von den unabhängigen Geschwindigkeits-Sensormitteln (36) abgeleiteter Kurswinkel aufgeschaltet sind, und durch welches Korrekturen an den zweiten Parametern des Kurs-Fehlermodells auf die Kurs-Skalierungs- und Fehlerkorrekturmittel (16) aufschaltbar sind.
2. Koppelnavigationssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
- (a) die unabhängigen Geschwindigkeits-Sensormittel (36) Positions- und Geschwindigkeitssensormittel sind, von denen eine unabhängig bestimmte Positionsinformation abgreifbar ist, und (b) die Optimalfiltermittel zusätzlich ein drittes Optimalfilter (54) zur Positionsstützung enthalten, auf welches nur die Position von den Mitteln (32) zur Positions- und Geschwindigkeitsbestimmung und die unabhängig bestimmte Position von den unabhängigen Positions- und Geschwindigkeitssensormitteln (36) aufschaltbar sind, und durch welches eine Positionskorrektur an den Mitteln (32) zur Positions- und Geschwindigkeitsbestimmung anbringbar ist.
3. Koppelnavigationssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die unabhängigen Geschwindigkeitssensormittel (36) von einem Empfänger eines Satelliten-Navigationssystems gebildet sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

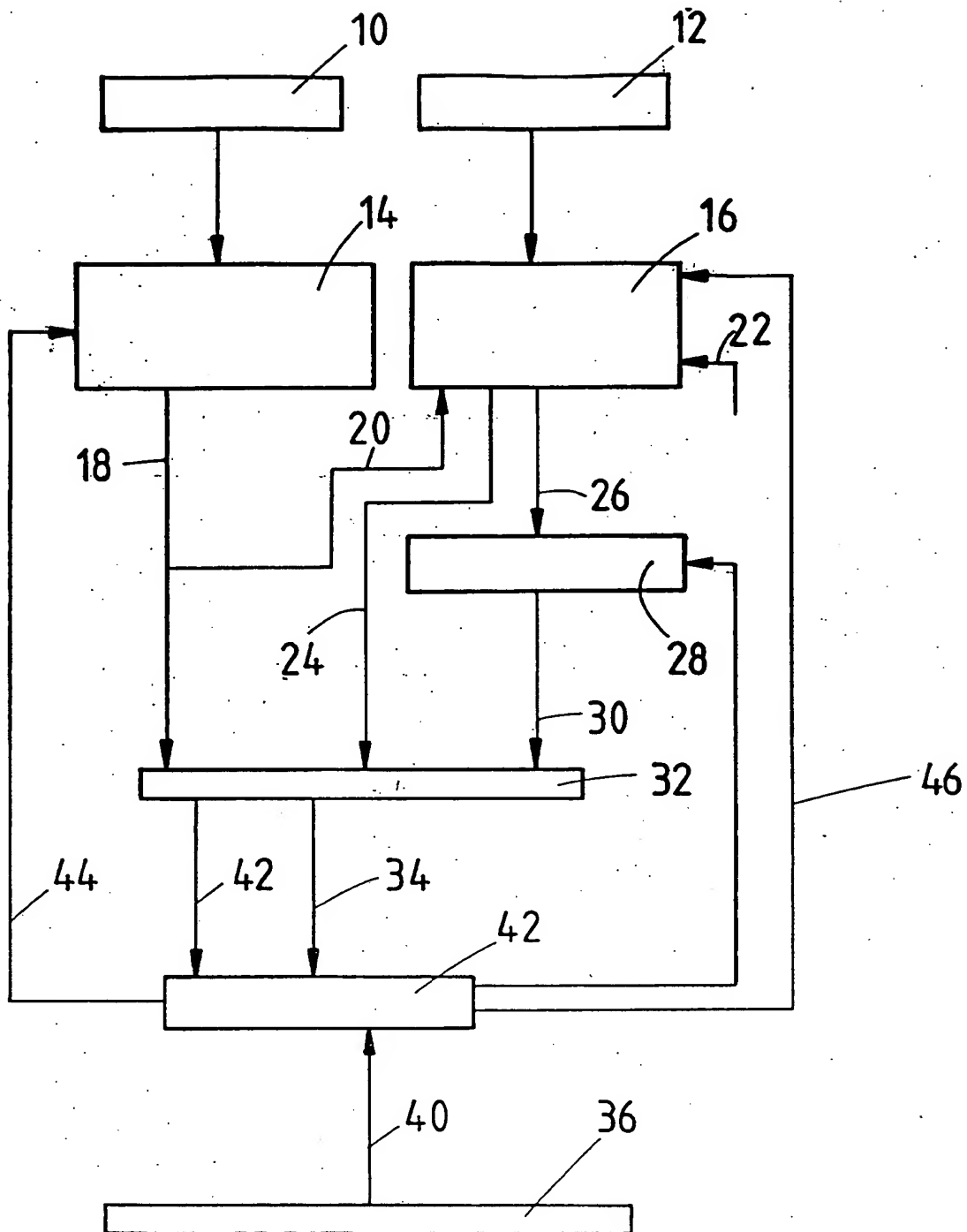


Fig. 1

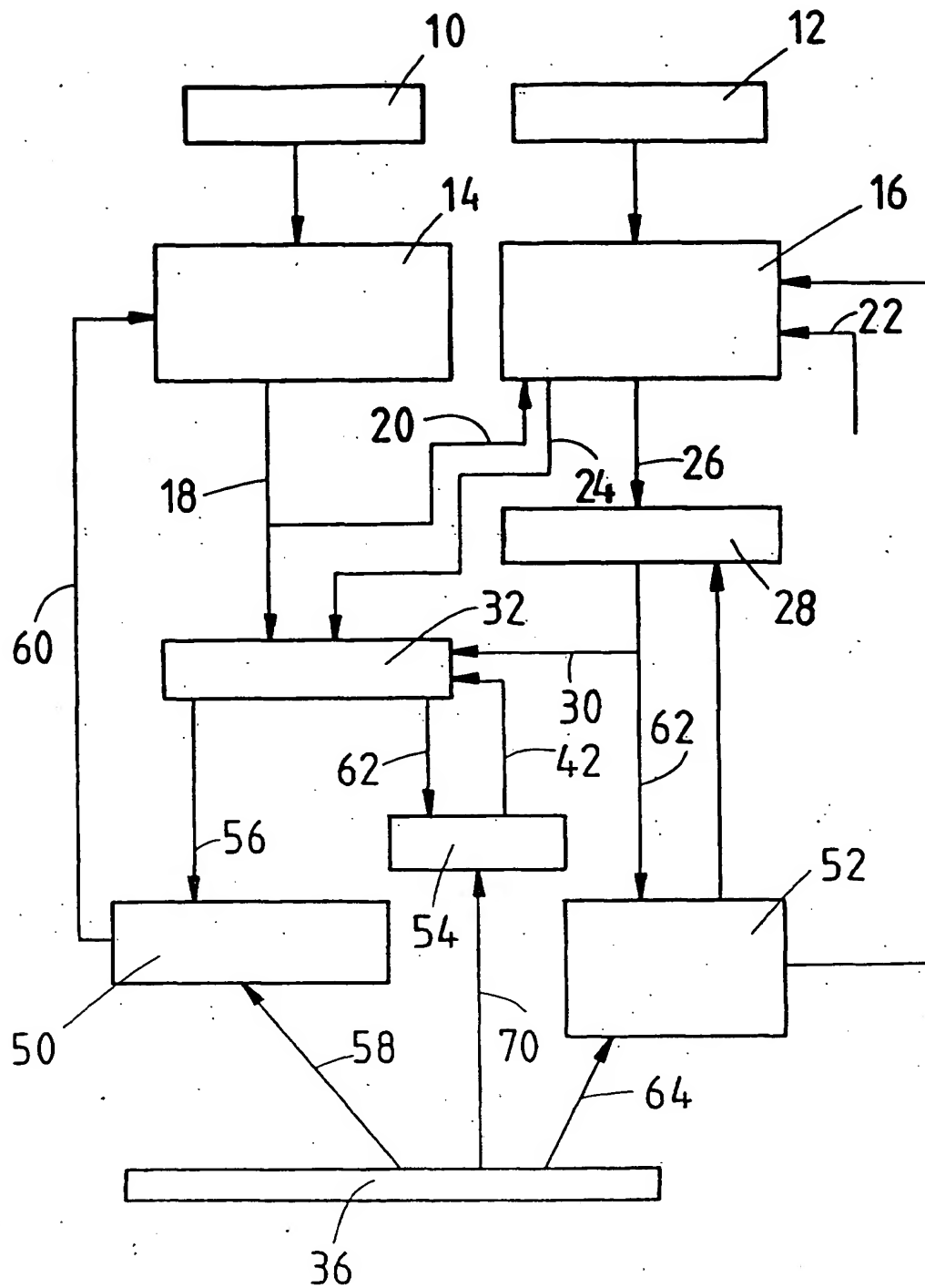


Fig. 2

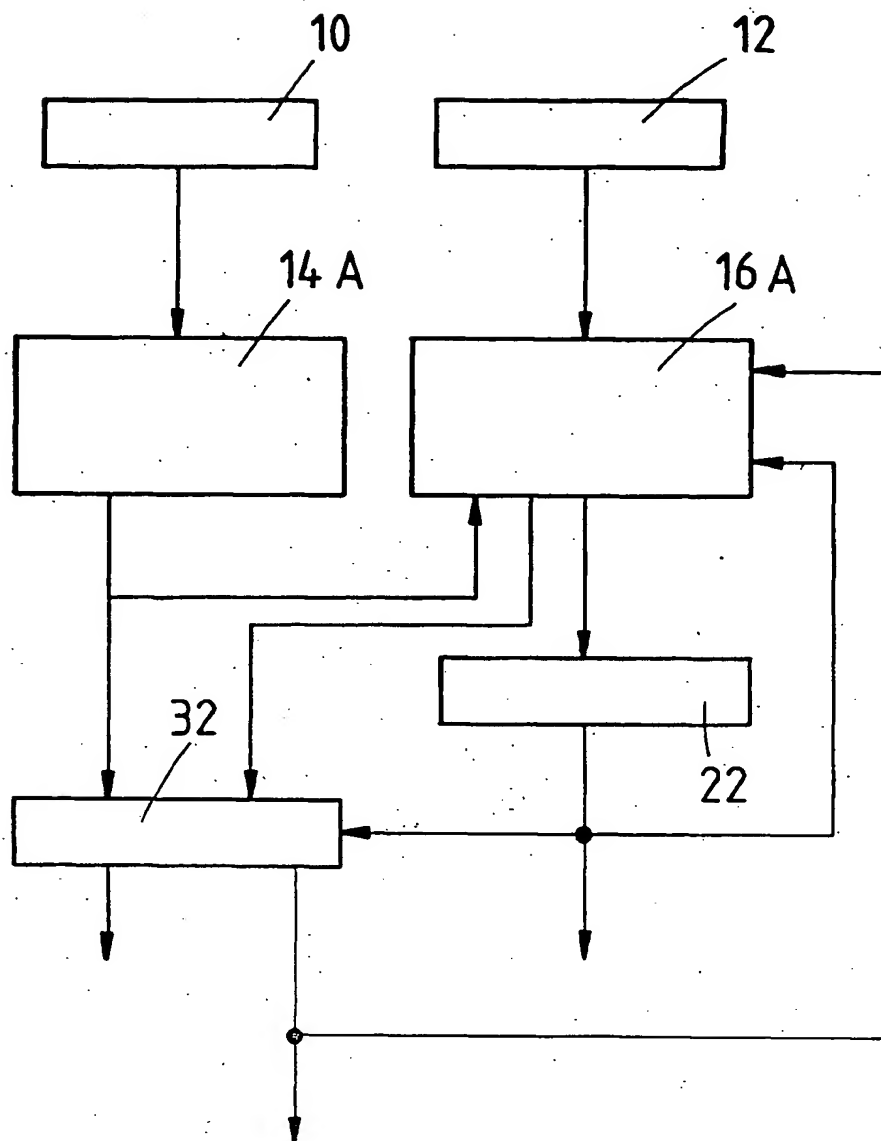


Fig. 3